

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

1050 U.S. PTO
09/929934
08/15/01

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2001年 6月28日

出 願 番 号

Application Number:

特願2001-197311

出 願 人

Applicant(s):

株式会社フジクラ

2001年 7月27日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

及 川 耕 造

出証番号 出証特2001-3066016

【書類名】 特許願

【整理番号】 20010247

【提出日】 平成13年 6月28日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G02B 6/00

【発明の名称】 光ファイバグレーティング、光ファイバグレーティング
の製造方法及び光ファイバグレーティングの製造装置

【請求項の数】 7

【発明者】

【住所又は居所】 千葉県佐倉市六崎 1 4 4 0 番地 株式会社フジクラ 佐
倉事業所内

【氏名】 石井 裕

【発明者】

【住所又は居所】 千葉県佐倉市六崎 1 4 4 0 番地 株式会社フジクラ 佐
倉事業所内

【氏名】 中居 道弘

【発明者】

【住所又は居所】 千葉県佐倉市六崎 1 4 4 0 番地 株式会社フジクラ 佐
倉事業所内

【氏名】 奥出 聡

【発明者】

【住所又は居所】 千葉県佐倉市六崎 1 4 4 0 番地 株式会社フジクラ 佐
倉事業所内

【氏名】 西出 研二

【発明者】

【住所又は居所】 千葉県佐倉市六崎 1 4 4 0 番地 株式会社フジクラ 佐
倉事業所内

【氏名】 島 研介

【特許出願人】

【識別番号】 000005186

【氏名又は名称】 株式会社フジクラ

【代理人】

【識別番号】 100064908

【弁理士】

【氏名又は名称】 志賀 正武

【選任した代理人】

【識別番号】 100108578

【弁理士】

【氏名又は名称】 高橋 詔男

【選任した代理人】

【識別番号】 100089037

【弁理士】

【氏名又は名称】 渡邊 隆

【選任した代理人】

【識別番号】 100101465

【弁理士】

【氏名又は名称】 青山 正和

【先の出願に基づく優先権主張】

【出願番号】 特願2000-259872

【出願日】 平成12年 8月29日

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 008707

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

特 2 0 0 1 - 1 9 7 3 1 1

【包括委任状番号】 9704943

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光ファイバグレーティング、光ファイバグレーティングの製造方法及び光ファイバグレーティングの製造装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 光ファイバの長手方向にそって所定の周期で紫外光を照射することにより周期的な屈折率分布を有するグレーティング部を形成し、必要な場合は脱水素処理を行った後、グレーティング部全体にわたって紫外光を照射する紫外光一様照射処理を少なくとも 1 回以上行い、最後にグレーティング部の光学特性を安定させるための加熱エージング処理を行うことを特徴とする光ファイバグレーティングの製造方法。

【請求項 2】 前記紫外光一様照射処理の前又は後に、グレーティング部全体を加熱して光学特性の調整を行うための加熱トリミング処理を少なくとも 1 回以上行うことを特徴とする請求項 1 記載の光ファイバグレーティングの製造方法。

【請求項 3】 前記紫外光一様照射処理と前記加熱トリミング処理とを任意の回数及び任意の順番で複数回繰り返して行うことを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の光ファイバグレーティングの製造方法。

【請求項 4】 前記紫外光一様照射処理および前記加熱トリミング処理を、光ファイバの透過光または反射光、および参照光をモニターしながら行うことを特徴とする請求項 1、2 又は 3 記載の光ファイバグレーティングの製造方法。

【請求項 5】 光ファイバの長手方向にそって所定の周期で紫外光を照射することにより周期的な屈折率分布を有するグレーティング部と、一定の屈折率を有する材料ファイバとからなる光ファイバグレーティングにおいて、

該グレーティング部の最小屈折率が、該材料ファイバの屈折率より大きく、かつ該グレーティング部の最小屈折率のばらつきが周期的な屈折率変動量より十分に小さいことを特徴とする光ファイバグレーティング。

【請求項 6】 光ファイバグレーティングの光学特性を調整するための紫外光照射装置と加熱装置とを備えていることを特徴とする光ファイバグレーティングの製造装置。

【請求項 7】 前記紫外光一様照射処理および前記加熱トリミング処理を施す光ファイバの張力を一定に保持する機構を備えていることを特徴とする請求項 6 記載の光ファイバグレーティングの製造装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、光通信システムに有用な光ファイバグレーティング（以下、「光ファイバグレーティング」と略記する。）の製造方法に関し、特に、光ファイバグレーティングの光学特性の微調整を可能とし、製造歩留まりを大幅に向上させた光ファイバグレーティング、その製造方法、および製造装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

光ファイバグレーティングは、特定波長の光を、反射モード、クラッドモード又は放射モードに結合させて減衰させる特性を備えたデバイスである。入射光と同方向のクラッドモード又は放射モードに結合させるタイプを透過型といい、入射光と逆方向の導波モード（これにはコアモード、反射モードが含まれる）、クラッドモード又は放射モードに結合させるタイプを反射型ということがある。

光ファイバグレーティングの反射光または透過光のスペクトルにおいては、所定の波長の光が減衰せしめられることによるピークが得られ、このピークの大きさを阻止率、その中心の波長を中心波長、また、ピークの帯域の大きさを阻止帯域幅という。

光ファイバグレーティングが長周期型であるか短周期型であるかによらず、光ファイバグレーティングを利得等化器、アッテネータ、帯域除去フィルタ等の光減衰デバイスとして用いる場合には、透過光をモニタし、阻止率としては透過損失を用いる。一方、光ファイバグレーティングを反射器（ミラー）、波長分離デバイス等として用いる場合は、反射光をモニタし、阻止率としては反射率を用いる。

【0003】

光ファイバグレーティングは、例えば光ファイバの長手方向に、一定の周期的

な変化、例えばコアの屈折率の周期的な変化からなるグレーティング部を形成することにより得られる。この屈折率の周期的な変化を生じさせるために、紫外光が通常用いられる。紫外光を用いてグレーティング部を製造する方法としては、次の方法が一般に行われている。

【 0 0 0 4 】

まず、光ファイバに水素ガスを浸透処理し、光ファイバ（特にコア）の紫外光による屈折率変動に対する感受性を高める。そして、光ファイバ（コア）の長手方向に所定の周期で紫外光を照射することにより、照射部分の屈折率を上昇させてグレーティング部を形成する。紫外光の照射には干渉露光法、位相マスク法、強度マスク法、集光したビームで露光する方法などが用いられ、これらのいずれの方法においても、紫外光で露光された部分の屈折率が上昇し、光ファイバの長手方向に屈折率変動を形成することができる。

また、前記周期は一定間隔とされる場合もあるし、光ファイバの長さ方向に所定の周期が変化するチャープトピッチが適用される場合もある。また、反射型を実現するためには短周期型とする必要があり、透過型とするためには長周期型とする必要がある。

【 0 0 0 5 】

なお、前記光ファイバのコアはゲルマニウムが添加された石英ガラスからなり、ゲルマニウムが紫外光の照射によって、石英ガラスの屈折率を上昇させる作用を奏する。場合によってはコアの外周上に設けられたクラッドの一部または全部にもゲルマニウムを添加した光ファイバを用いて、クラッドにも屈折率の周期的な変化を形成する場合もある。また、クラッドのみにゲルマニウムが添加された光ファイバを用い、クラッドのみに屈折率の周期的な変化を形成する場合もある。

ゲルマニウムを添加すると、石英の屈折率を上昇させることが知られており、クラッドにゲルマニウムを添加する場合には、コア及びクラッドの屈折率を調整するために、他のドーパントを1種類もしくは複数種類添加することが一般的に行われている。

石英ガラスの屈折率を上昇させるドーパントとしては、アルミニウムやリンが

知られている。また、屈折率を下げる働きのあるドーパントとしては、ホウ素やフッ素が知られている。すなわち、クラッドにゲルマニウムを添加する場合には、ゲルマニウムを添加することによって上昇する屈折率を補償するために、例えば

、ホウ素やフッ素を加えるとよい。

【 0 0 0 6 】

この紫外光照射処理に次いで、好ましくは脱水素処理を行ってグレーティング部の屈折率が変わるのを抑制し、光学特性の長期安定化を図る。

さらに、好ましくは損失又は反射の中心波長（以下「中心波長」という）を調整し、製造歩留まりを向上させる手法として、加熱処理、または紫外光をグレーティング部全体に照射する一様照射（以下、「紫外光一様照射」という）を施す。

すなわち、紫外光を一様照射することにより、平均屈折率の上昇に伴って中心波長が長波側へシフトする。また、加熱により屈折率変動が小さく、すなわち平均屈折率が小さくなり、中心波長が短波側へシフトする。したがって、製造した光ファイバグレーティングの中心波長が所望の値よりも短波長側である場合は紫外光一様照射、長波長側である場合は加熱処理を行って中心波長を調整する。従来法においては、このように中心波長のみに着目していたため、紫外光一様照射、加熱処理のどちらか一方のみが行われていた。

最後に熱安定性を付与するために加熱エージングを行う。

【 0 0 0 7 】

【発明が解決しようとする課題】

ところで、最近、光ファイバグレーティングを用いて帯域阻止フィルタないしは光増幅用の利得等化器等を構成する場合には、中心波長だけでなく阻止率にも高い精度が要求されている。

【 0 0 0 8 】

しかし、従来の方法では、加熱ないしは紫外光一様照射によって中心波長を調整する工程で阻止率が変わってしまう。例えば、グレーティング部において、紫外光で誘起された屈折率変化量は加熱によって小さくなり、その結果、阻止率が

小さくなってしまふ。

したがって、中心波長のみであれば比較的安定に制御することができるが、阻止率の調整機構がなく、製品の光学特性を安定に維持しつつ、高い歩留まりを確保することが困難であった。

【 0 0 0 9 】

また、光ファイバグレーティングの屈折率変動は、特に紫外光照射後は熱環境に敏感(すなわち熱的に不安定)であり、長期にわたって環境下で光学特性を安定に維持することが困難であった。

【 0 0 1 0 】

本発明は、以上の点に鑑み、高い精度で中心波長と阻止率を制御しつつ、光ファイバグレーティングの製造時における光学特性を精密に調整し、さらに熱安定化させる方法および装置を提供することを目的とする。

【 0 0 1 1 】

【課題を解決するための手段】

前記課題を解決するために、本発明においては、以下のような解決手段を提案する。本発明の光ファイバグレーティング製造方法によれば、紫外光一様照射処理と加熱処理とを適宜組み合わせることで、光ファイバグレーティングの中心波長と中心波長における阻止率を調整して、目標の光学特性を有する光ファイバグレーティングを得ることができる。

【 0 0 1 2 】

すなわち、第1の発明は、光ファイバグレーティングの製造方法に関し、グレーティング部全体にわたって紫外光を一様に照射する紫外光一様照射処理を少なくとも1回以上行うことによって光学特性を調整し、最後にグレーティング部全体に対して加熱することにより光学特性を安定化させる加熱エージング処理を行うことを特徴とする光ファイバグレーティングの製造方法である。

なお、グレーティング部形成工程の前には、水素添加処理を行うことが好ましく、この水素添加処理を行った場合には、紫外線一様照射処理の前に脱水素処理を行うのが好ましい。

第2の発明は、第1の発明において、前記紫外光一様照射処理の前又は後に、

グレーティング部全体に対して加熱処理を行うことによって光学特性の調整を行う加熱トリミング処理を少なくとも1回以上行うことを特徴とする光ファイバグレーティングの製造方法である。

第3の発明は、第1又は第2の発明において、前記紫外光一様照射処理と前記加熱トリミング処理とを任意の回数及び任意の順番で複数回繰り返して行うことを特徴とする光ファイバグレーティングの製造方法である。

第4の発明は、第1、第2又は第3の発明において、前記紫外光一様照射処理と加熱処理を、光ファイバの透過光または反射光、および参照光をモニターしながら行うことを特徴とする光ファイバグレーティングの製造方法である。

【0013】

第5の発明は、光ファイバの長手方向にそって所定の周期で紫外光を照射することにより周期的な屈折率分布を有するグレーティング部と、一定の屈折率を有する材料ファイバとからなる光ファイバグレーティングにおいて、該グレーティング部の最小屈折率が、該材料ファイバの屈折率より大きく、かつ該グレーティング部の最小屈折率のばらつきが周期的な屈折率変動量より十分に小さくすることにより、光学特性の調整を容易にすることを可能としたことを特徴とする光ファイバグレーティングである。

【0014】

第6の発明は、光ファイバグレーティングの光学特性を調整するための紫外光照射装置と加熱装置とを備えていることを特徴とする光ファイバグレーティングの製造装置である。

第7の発明は、第6の発明の光ファイバグレーティングの製造装置において、紫外光一様照射処理および加熱処理を施す光ファイバの張力を一定に保持する機構を備えていることを特徴とする光ファイバグレーティングの製造装置である。

【0015】

本発明の光ファイバグレーティング製造装置によれば、光ファイバグレーティングの光学特性を測定しながら、その結果に応じて適宜の紫外光照射処理と加熱処理を容易に行うことができる。また、ファイバクランプに設けた張力保持機構により、光ファイバの張力を適度に一定に保つことが可能となり、張力の過小、

過大や変動による光学特性の変調、変動を防止することができ、精密な光学特性の制御が可能となる。

【 0 0 1 6 】

【発明の実施の形態】

図 1 ～ 図 8 に基づき、本発明の光ファイバグレーティング、光ファイバグレーティング製造方法及び光ファイバグレーティング製造装置の例について説明する。

まず、本発明の光ファイバグレーティング製造装置の例について説明する。

図 1 は、本発明の光ファイバグレーティング製造装置の概略説明図であり、実施の形態として、光ファイバにグレーティング部を形成する場合について示したものである。

【 0 0 1 7 】

図 1 において、光ファイバ 4 は、製造装置 1 0 の両側に設けられた自動ステージ 1 1 R、1 1 L 上に配置されたファイバクランプ 1 2 R、1 2 L により固定される。製造装置 1 0 の中央部には、ヒータ等の加熱装置 1 5 と紫外光照射装置 1 6 が設置され、光ファイバ 4 はクランプされた状態で自動ステージ 1 1 R、1 1 L により、紫外光照射装置 1 6 上あるいは加熱装置 1 5 上に平行に上下移動せしめられ、それぞれの処理を受けてグレーティング部 5 が形成される。

【 0 0 1 8 】

また、ファイバクランプ 1 2 R には張力調整機構が付けられており、光ファイバ 4 の張力を一定の値に保ったまま処理ができ、張力変動による光学特性の変化が生じないように構成されている。

一方、光ファイバ 4 の両端には光源や光スペクトラムアナライザ等の光学特性測定系 2 0 が接続され、グレーティング部 5 の光学特性が所定の値となることを確認できる構成となっている。

【 0 0 1 9 】

図 2 は、上記光ファイバグレーティング製造装置 1 0 をさらに詳細に説明したものであり、光ファイバ 4 は、自動ステージ 1 1 R、1 1 L 上のファイバクランプ 1 2 R、1 2 L に保持されて、平行に上下一軸移動させられることによって加

熱処理、紫外光照射処理される。ファイバクランプ 1 2 R には、ロードセル 1 3 が一体に設けられており、光ファイバ 4 の張力がロードセル 1 3 で感知され、図上左右に一軸移動する自動ステージ 1 1 T により、光ファイバ 4 に所定の張力が保持される機構となっている。この張力保持機構では、光ファイバ 4 のひずみに対して大きな変位、すなわちバネ定数が小さく長いバネを使用している。

【 0 0 2 0 】

一方、光ファイバ 4 の光学特性の測定系の構成についてその動作にそって説明する。すなち、波長可変 LD 2 2 および ASE 光源、SLD 等の広帯域光源 2 3 等から広帯域の光を出力すると、この光は光スイッチ 2 1 を経由して、光ファイバ 4 に入力され、3 dB カプラ 2 7 にて等分に分岐し、一方の分岐光がグレーティング部 5 を透過し、この透過光が光ファイバ 4 他端の光スイッチ 2 4 に設けられた透過光モニター 2 8 にて受光される。光スイッチ 2 1 からの戻り光が、波長可変 LD 2 2 および広帯域光源 2 3 の動作を不安定にすることがあるため、アイソレータ 3 1 を用いることが望ましい。

【 0 0 2 1 】

他方の分岐光は、前記光スイッチ 2 4 に設けられた参照光モニター 3 0 にて受光される。一方、グレーティング部 5 にて反射した反射光は 3 dB カプラ 2 を経て前記光スイッチ 2 4 に設けられた反射光モニター 2 9 にて受光される。

これら透過光、参照光、および反射光は、光スイッチ 2 4 に接続された光パワーメータ 2 5 および光スペクトラムアナライザ 2 6 によってモニターすることができる。そして、グレーティング部 5 の光学特性を確認しながらグレーティング部 5 の製造またはその光学特性の調整を行うことができる。

【 0 0 2 2 】

なお、反射光と透過光はグレーティング部 5 の特性によっていずれか一方のみをモニターすればよい。すなわち、透過型光ファイバグレーティングの場合は透過光をモニターし、反射型光ファイバグレーティングの場合は反射光をモニターする。また、参照光は入力光の特性を監視するためにモニターするものである。

【 0 0 2 3 】

本発明の光ファイバグレーティングの製造装置 1 0 によれば、光学特性が異な

るために紫外光の照射条件や加熱条件などが異なるグレーティング部 5 を処理する際にも、適宜自動ステージ 1 1 L、1 1 R によって光ファイバ 4 を移動させて処理を行えばよいため、装置を代えずに 1 台の製造装置 1 0 で光ファイバ 4 の加熱処理と紫外光照射処理とを行うことができる。そのため、別々の加熱処理装置と紫外光照射装置を用いた場合と比較して、光ファイバ 4 をこれらの装置に載せ代える際の傷、破断や品質劣化等の製造事故を防止することができる。

【 0 0 2 4 】

また、グレーティング部 5 の光学特性は、光ファイバ 4 の張力に対して敏感で変動を生じやすいが、本発明の製造装置 1 0 によれば、光ファイバ 4 のクランプ部 1 2 R に張力調整機構が設けられているので、グレーティング形成のための加熱処理や紫外光照射処理の際にも張力を一定に保持することができ、グレーティング部 5 の光学特性の変動を防止でき、光学特性の調整を容易に行うことができる。

【 0 0 2 5 】

次に、本発明の光ファイバグレーティングの製造方法について説明する。

この例では、好ましくは水素添加処理を行った後、位相マスク法などの従来法にしたがって、光ファイバの長手方向にそって所定の周期で紫外光を照射してグレーティング部 5 を形成する紫外光照射を行い（グレーティング部形成工程）、さらに好ましくは脱水素工程を行った後、グレーティング部 5 形成後に、グレーティング部 5 全体に一樣に紫外光を照射する紫外光一樣照射処理を少なくとも 1 回行い、必要に応じて紫外光一樣照射処理の前または後に、グレーティング部 5 全体に対して加熱処理を行うことによって光学特性の調整を行う加熱トリミング処理を行い、最後に必ず加熱エージング処理を行う。

また、さらに必要な場合には、紫外光一樣照射処理と加熱トリミングをそれぞれ任意の順番、及び任意の回数行い、光ファイバグレーティングの光学特性の調整を行う。

【 0 0 2 6 】

まず、水素添加処理は、例えば 1 0 0 気圧水素ガス雰囲気中に、2 0 ～ 6 0 ℃、7 ～ 1 4 日間の条件で光ファイバを暴露して行う。また、所定周期の紫外光の

照射によるグレーティング部の形成は、例えばエキシマレーザを用いて波長240 nm付近の紫外光を照射することによって行う。なお、この光ファイバのコアはゲルマニウムを添加した石英ガラスからなり、その外周上に設けられているクラッドは純粋石英ガラスなどからなるものを用いる。また、上述のように、用途によって、コアとクラッドの両方、またはクラッドのみにゲルマニウムが添加された光ファイバを用いることもできる。この場合、ゲルマニウムは石英ガラスに添加しただけでも屈折率を上昇させる作用があるので、フッ素、ホウ素、アルミニウムなどの他のドーパントを添加して、屈折率を調整することもできる。

また、脱水素処理は、例えば大気雰囲気中に100～150℃、12～24時間の条件で光ファイバを暴露することによって行う。

【0027】

図3は、上記のように、加熱トリミング処理した場合(図3(A))および紫外光一様照射処理した場合(図3(B))のグレーティング部5の屈折率変化量の変化を示した図である。なお、以下に示す例においては、コアがゲルマニウム添加石英ガラスからなり、クラッドが純粋石英ガラスからなる外径約125 μ mのシングルモード光ファイバを用いている。

加熱トリミング処理時(加熱前a、加熱後b)の屈折率変化については、屈折率変化の振幅(加熱前c、加熱後d)が加熱トリミング処理により小さくなり、グレーティング部5のモード間結合定数が小さくなるので、阻止率は小さくなる。また、平均屈折率(加熱前m1、加熱後m2)も加熱により小さくなるので、中心波長は短波側にシフトする。

【0028】

一方、紫外光一様照射処理(照射前h、照射後g)による屈折率の変化を見ると、屈折率変化の振幅(照射前k、照射後j)は照射前後でほとんど変わらない。しかし、実際には、一度紫外光照射による露光がなされた箇所は、その後の一様な紫外光照射による屈折率上昇の度合いが大きいことから、グレーティング部5のモード間結合定数は若干大きくなり、阻止率は僅かに上昇する。また、平均屈折率はn1からn2に上がるので、中心波長は長波側にシフトする。

上述のように、加熱トリミング処理の場合と紫外光一様照射処理の場合とでは

、中心波長の変動と屈折率変化の変動の比率が異なる。本発明では、この両処理による効果の違いを利用して、広い範囲で光学特性を精密に調整することができる。

【 0 0 2 9 】

図 4 は、加熱トリミング処理および紫外光一様照射処理の際の光ファイバグレーティングの光学特性の変化を表したものであり、横軸は中心波長 λ_c 、縦軸は中心波長における阻止率（透過損失） ΔL を示している。なお、阻止帯域幅はグレーティング段数（屈折率の周期的な変化の数）によって決まる。このグレーティング段数は加熱トリミング処理及び紫外光一様照射処理によっても変化しないので、 λ_c と ΔL により本発明の加熱処理と紫外光照射処理の変化を表わすことができる。

【 0 0 3 0 】

すなわち、光ファイバ 4 の脱水素工程後の光学特性が図 4 のハッチング部内（U）のいずれの位置にあったとしても（例えば①の位置）、最適な加熱トリミング処理と紫外光一様照射処理を適宜組み合わせて行うことにより、グレーティング部 5 の最終の光学特性を所定の特性（図 4 で座標原点⑥）に調整することができる。

加熱トリミング処理と紫外光一様照射処理の具体的な条件は特に限定せず、光ファイバグレーティングの光学特性によって適宜選択される。また、これらの組み合わせの構成については、加熱トリミング処理と紫外光一様照射処理をそれぞれ少なくとも 1 回ずつ交互に行えばよい。

具体的な条件は、上述のように、予備実験、または製造中に光学測定系にて光学特性（阻止率、中心波長、阻止帯域幅）をモニターしながら、適宜調整する。

条件の一例を示すと、加熱トリミング処理を 2 0 0 ～ 3 0 0 ℃、1 ～ 1 0 分間の条件で行い、紫外光一様照射処理においてはエキシマレーザまたは水銀ランプなどを用いて紫外光を所定の屈折率上昇量が得られるまで、必要であれば複数回照射する。

そして、例えば加熱トリミング処理、紫外光一様照射処理、加熱トリミング処理を順次行って最後に後述する加熱エージングを行う。

【 0 0 3 1 】

このグレーティング部 5 の処理の最後は、熱安定化のため、加熱エージングを行う必要があり、従って図 4 では、目標光学特性⑥を得るためには、最後の加熱エージングの前に、⑤付近の光学特性を有している必要がある。すなわち、①の光学特性のグレーティング部 5 を加熱トリミング処理と紫外光一様照射処理により、⑤の光学特性となるようにしておけばよい。

加熱エージングは、例えば 2 0 0 ~ 3 0 0 ℃、5 ~ 1 0 分間以上の条件で行う。

【 0 0 3 2 】

図 4 において、①から②、③から④、⑤から⑥の遷移は、加熱トリミング処理により変化した状態を示したものであり、②から③、④から⑤の遷移は、紫外光一様照射処理により変化した状態を示している。すなわち、加熱トリミング処理と紫外光一様照射処理とは遷移直線の勾配と方向が異なるので、加熱トリミング処理と紫外光一様照射処理とを適宜組み合わせることで、目標とする光学特性が得られることが分かる。

【 0 0 3 3 】

図 5 (A) は、上記本発明の製造方法を、長周期光ファイバグレーティング (LPFG: Long-Period Fiber Grating) に適用した例であり、KrFエキシマレーザ等の紫外光でグレーティング部 5 を形成し、その後脱水素工程を経た後、加熱トリミング処理及び紫外光一様照射処理を行った場合の波長と透過損失の関係を示したものである。なお、長周期とは屈折率の変化の周期が長いことを示している。

【 0 0 3 4 】

図中 # 1 は、脱水素工程直後の光学特性曲線であり、波長一透過損失の関係を示したものである。# 2 の曲線は、この光ファイバグレーティングを加熱した後の特性曲線であり、# 3 の曲線は、さらに紫外光一様照射した後の特性曲線であり、# 4 の曲線は、さらに加熱トリミング処理した後の特性曲線であり、最後に加熱エージング処理をして目標特性である # 5 の曲線の光学特性を有する製品が得られる。

すなわち、この例においては、加熱トリミング処理 1 回、紫外光一様照射 1 回、加熱トリミング処理 1 回の組み合わせを行った後に加熱エージングを行っている。

なお、紫外光一様照射はグレーティング部全体に一定の強度の紫外光を必要があれば複数回繰り返して照射し、加熱トリミング処理は 200～300℃、1～10 分間の条件で行っている。また、加熱エージングは 200～300℃、5～10 分以上の条件で行っている。

【0035】

図 5 (B) は、図 5 (A) の各曲線の透過損失ピーク部を拡大して、その遷移を線で結んだものである。①は曲線 # 1 のピーク、②、③、④、⑤は、それぞれ曲線 # 2、# 3、# 4、# 5 のピークを示したものであり、①から②、③から④、④から⑤は加熱トリミング処理による最小透過波長 (λ_c) と透過損失 (ΔL) の調整を示し、②から③は紫外光一様照射処理により、同様の調整をしていることを示している。

【0036】

加熱トリミング処理を行った際は、 λ_c と ΔL が共に減少し、紫外光一様照射処理をした場合は、 λ_c と ΔL が共に増加する。 λ_c と ΔL の変化量は、加熱処理においては、加熱温度および加熱時間で制御でき、紫外光一様照射処理においては、紫外光の光量および照射時間で制御できる。

次に、図 6 を用いて、 λ_c と ΔL の変化に着目した場合の、光ファイバグレーティングの光学特性の調整方法について説明する。

図 6 は、加熱トリミング処理、紫外光一様照射処理、加熱エージング処理の前後における λ_c と ΔL をモニタしながら、光ファイバグレーティングの光学特性を調整する方法の例を示したものである。

【0037】

まず、サンプル A の場合について説明する。A0～A4 は、サンプル A についての光学特性の変動を示している。A0 は脱水素工程後の光学特性を示す。A0～A1 は、加熱トリミング処理による光ファイバグレーティングの光学特性の変

動を示す。A 1～A 2は、紫外光一様照射処理による光ファイバグレーティングの光学特性の変動を示す。A 2～A 3は、加熱トリミング処理による光学特性の変動、A 3～A 4は加熱エージング処理による光ファイバグレーティングの光学特性の変動を示す。このような処理を経て、サンプルAは、目標特性であるA 4に到達する。このサンプルAは、図5に示したサンプルと同一のものである。

【0038】

次に、サンプルBの場合について説明する。B 0～B 3は、サンプルBについての光学特性の変動を示している。B 0は脱水素工程後の光学特性を示す。B 0～B 1は、加熱トリミング処理による光ファイバグレーティングの光学特性の変動を示す。B 1～B 2は、紫外光一様照射処理による光ファイバグレーティングの光学特性の変動を示す。B 2～B 3は、加熱エージング処理による光学特性の変動を示す。このような処理を経て、サンプルBは、目標特性であるB 3に到達する。この例のように、加熱エージング処理の前工程は、加熱トリミング処理でなくてもよく、紫外光一様照射処理であってもよい。

【0039】

次に、サンプルCの場合について説明する。C 0～C 6は、サンプルCについての光学特性の変動を示している。C 0は脱水素工程後の光学特性を示す。C 0～C 1は、紫外光一様照射処理による光ファイバグレーティングの光学特性の変動を示す。C 1～C 2は、加熱トリミング処理による光ファイバグレーティングの光学特性の変動を示す。C 2～C 3は、紫外光一様照射処理による光学特性の変動、C 3～C 4は加熱トリミング処理による光学特性の変動、C 4～C 5、C 5～C 6は加熱エージング処理による光ファイバグレーティングの光学特性の変動を示す。このような処理を経て、サンプルCは、目標特性であるC 6に到達する。この例のように、特性調整は必ずしも加熱トリミング処理から始めることを必要とせず、必要に応じて紫外光一様照射処理から始めてもよい。また、加熱エージング処理についても、所定量以上行うことで、光学特性の長期安定化を図ることができるので、必要に応じて加熱エージング処理を複数回行ってもよい。

【0040】

上述のように、本発明の光ファイバグレーティングの製造方法によれば、脱水

素工程後に行う加熱トリミング処理および紫外光一様照射処理の調整を容易に行うことができるので、両処理を最適に組み合わせて、精密に調整された目的の光学特性を有するグレーティング部 5 を、効率良くかつ高い歩留まりで得ることが可能となる。

【0041】

次に、本発明の光ファイバグレーティングの例について説明する。

この例は、上述した、加熱トリミング処理と紫外光一様照射処理とを最適に組み合わせた光ファイバグレーティングの製造方法によって製造される光ファイバグレーティングに関するものであり、図 7 に、この光ファイバグレーティングの長手方向の屈折率分布の一例を示している。

この光ファイバグレーティングは、グレーティング部の屈折率変動部 1 の最小屈折率 a が、材料となる光ファイバ 2 の屈折率 b より大きく、かつグレーティング部の屈折率変動部 1 の最小屈折率 a のばらつきが、周期的な屈折率変動量より十分に小さいことを特徴としている。この点において、従来の光ファイバグレーティングの製造方法によって製造された光ファイバグレーティングの屈折率分布が、図 8 に示すように、グレーティング部の屈折率変動部 1 の最小屈折率 a が、材料となる光ファイバ 2 の屈折率 b と等しくなることと相違している。

【0042】

なお、このグレーティング部の屈折率変動部 1 の最小屈折率 a のばらつきは、周期的な屈折率変動量の 10 分の 1 以下であることが好ましい。このように、最小屈折率のばらつきが小さくなるようにするためには、照射される紫外光のパワーが均一化されていることが必要で、そのためには、光源からの光をホモジナイザを介して照射するか、出力光のパワーが均一化されている光源を用いる等の手段によって実現できる。このような紫外光照射は、本発明の光ファイバグレーティングの製造方法において行われているものである。

【0043】

【発明の効果】

本発明の光ファイバグレーティングの製造方法によれば、脱水素工程後に行う加熱処理および紫外光一様照射処理の調整を容易に行うことができるので、両処

理を最適条件で組み合わせて、精密に調整された目的の光学特性を有する光ファイバグレーティングを、効率良くかつ高い歩留まりで得ることが可能となる。

また、本発明の光ファイバグレーティングの製造装置によれば、種類の異なる光ファイバグレーティングを処理する際にも、装置を代えずに1台の製造装置で光ファイバの加熱処理と紫外光照射処理とを行うことができるので、光ファイバをそれぞれの装置に載せ代える際の傷、破断や品質劣化等の製造事故を防止することができる。

さらに、本発明の光ファイバグレーティングの製造装置によれば、光ファイバのクランプ部に張力調整機構が設けられているので、グレーティング部の形成のための加熱処理や紫外光照射処理の際にも張力を一定に保持することができ、光ファイバグレーティングの光学特性の変動を防止でき、光学特性の調整を容易にかつ精密に行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の実施形態における光ファイバグレーティング製造装置の説明図である。

【図2】 本発明の光ファイバグレーティング製造装置の詳細な実施形態の説明図である。

【図3】 光ファイバグレーティングを加熱トリミング処理した場合（図3（A））、紫外光一様照射処理した場合（図3（B））のそれぞれの屈折率値変化量を示す模式図である。

【図4】 加熱トリミング処理および紫外光一様照射処理の際の光ファイバグレーティングの光学特性の変化の説明図である。

【図5】 本発明の実施の形態における加熱トリミング、紫外光一様照射処理及び加熱エージングの際の光ファイバグレーティングの透過損失スペクトル（図5（A））、および透過損失ピークの遷移説明図（図5（B））である。

【図6】 本発明の実施の形態における加熱トリミング、紫外光一様照射処理、及び加熱エージングの際の光ファイバグレーティングの光学特性の変化の説明図である。

【図7】 本発明の光ファイバグレーティングの長手方向の屈折率分布の説

明図である。

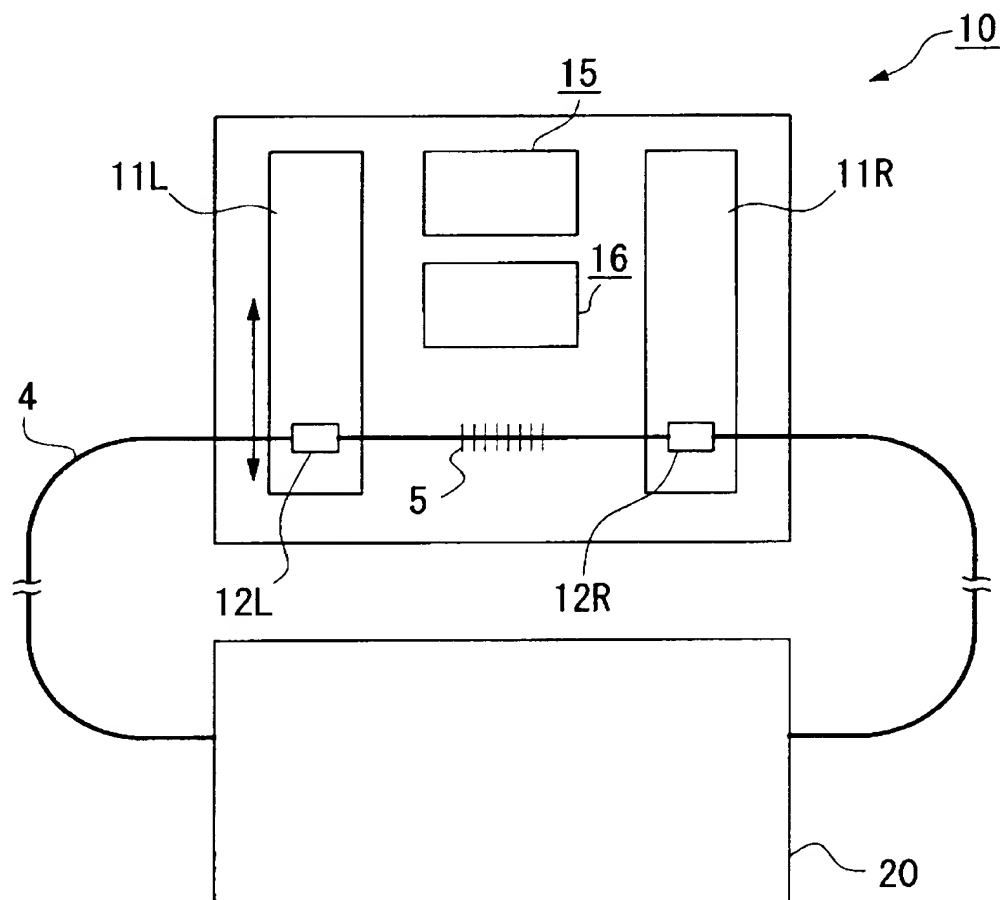
【図 8】 従来の光ファイバグレーティングの長手方向の屈折率分布の説明図である。

【符号の説明】

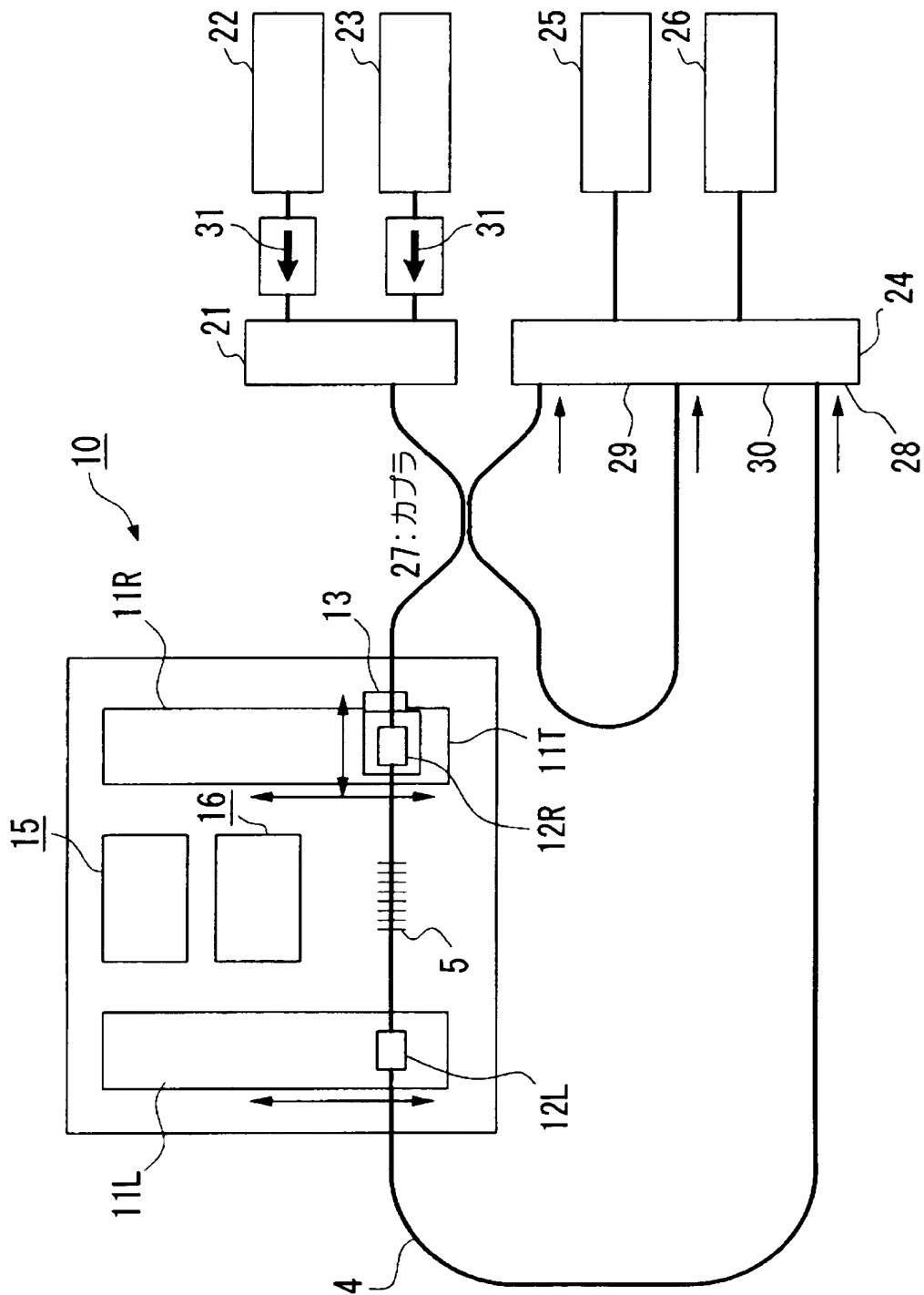
1 …グレーティング部の屈折率変動部、 2 …材料ファイバ
1 0 …光ファイバグレーティング製造特性装置、
1 1 L、 1 1 R …自動ステージ、 1 2 L、 1 2 R …ファイバクランプ、
1 3 …ロードセル、 1 5 …加熱装置、 1 6 …紫外光照射装置、
2 0 …光学測定系、 2 1 、 2 4 …光スイッチ、 2 2 …波長可変 LD、
2 3 …広帯域光源、 2 5 …光パワーメータ、 2 6 …光スペクトラムアナライザ、
2 7 …3 d B カプラ、 2 8 …透過光モニター、 2 9 …反射光モニター、
3 0 …参照光モニター、 3 1 …光アイソレータ。

【書類名】 図面

【図 1】

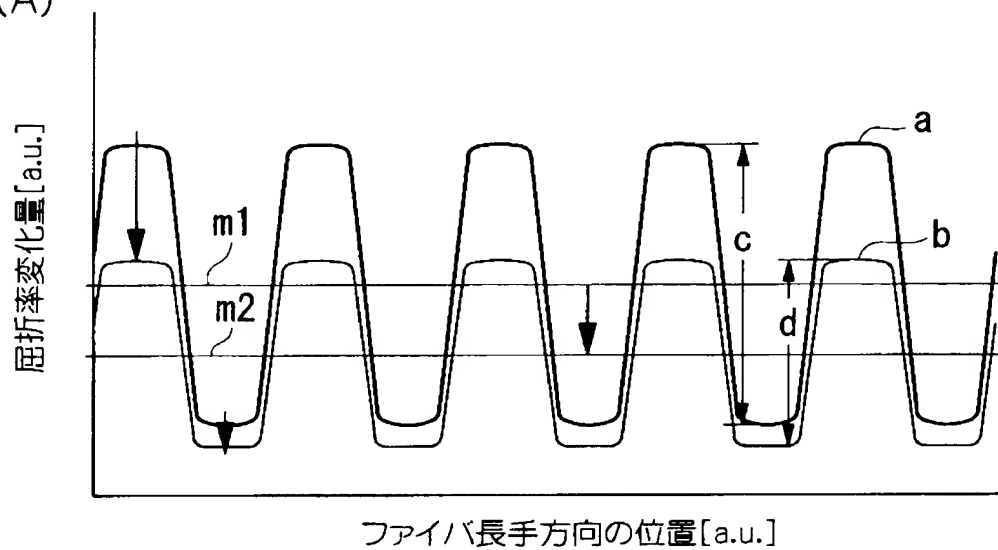


【図 2】

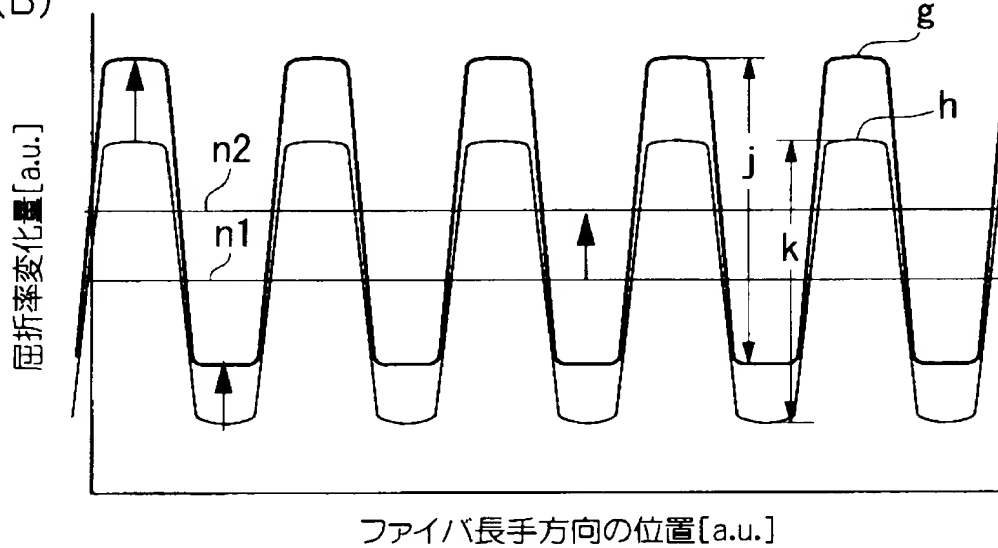


【図 3】

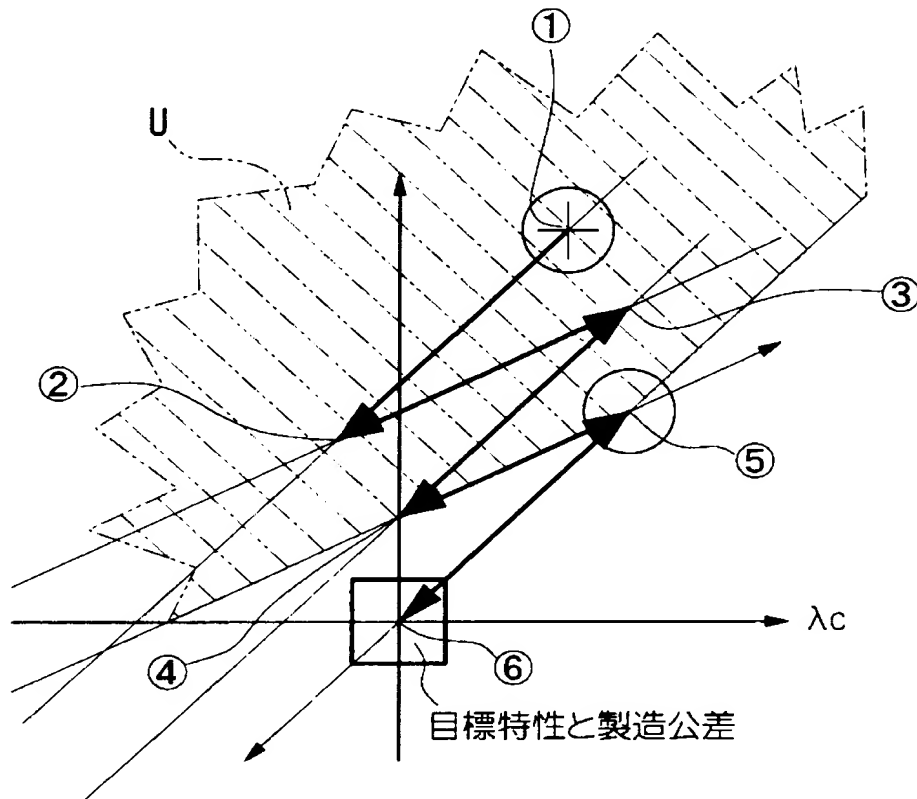
(A)



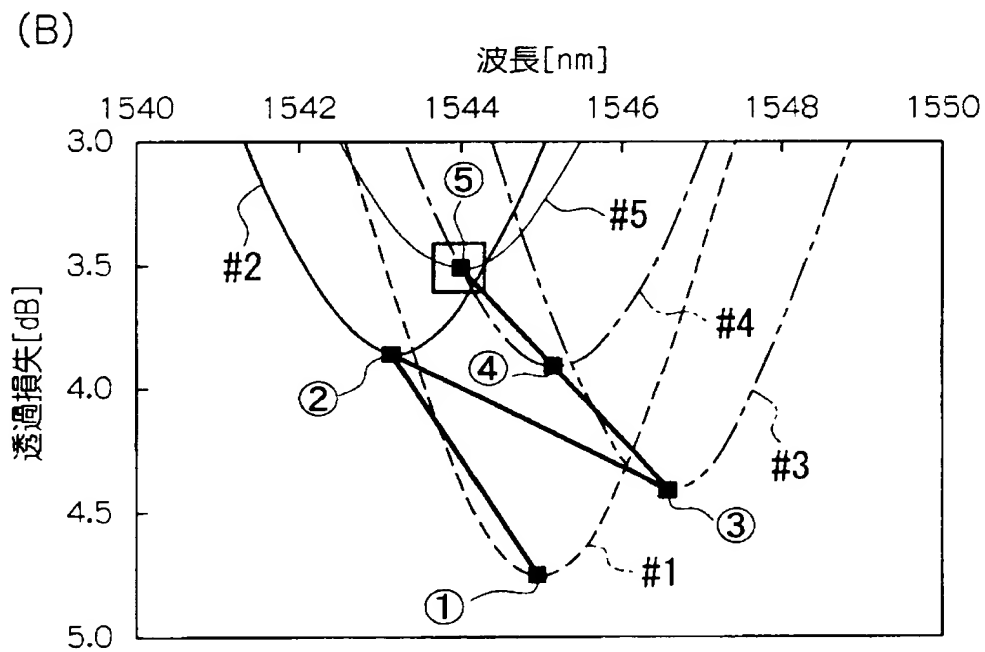
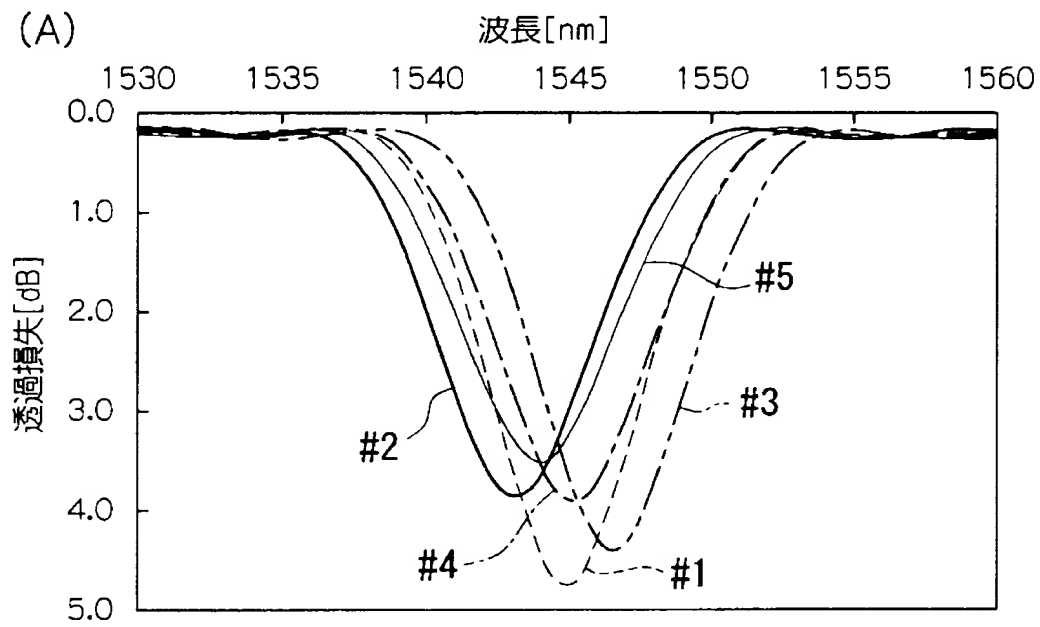
(B)



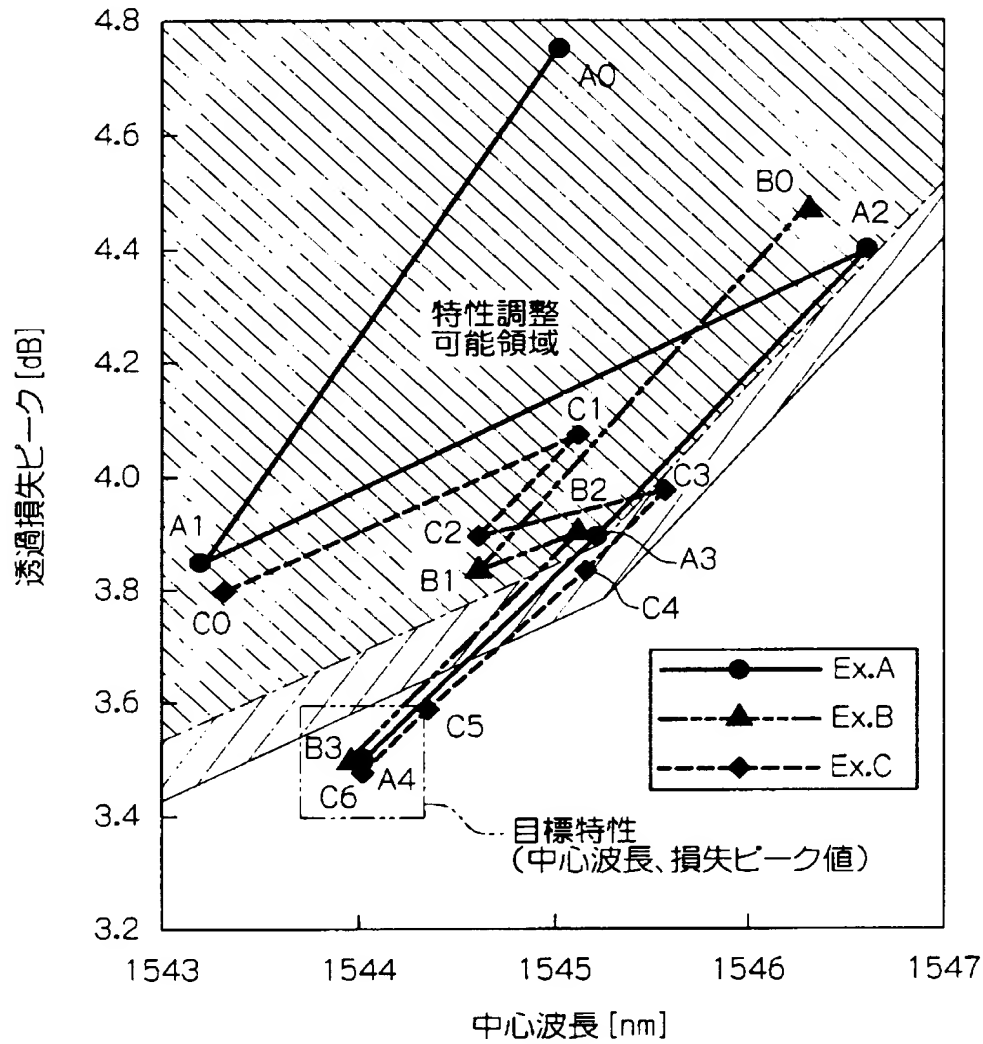
【図 4】



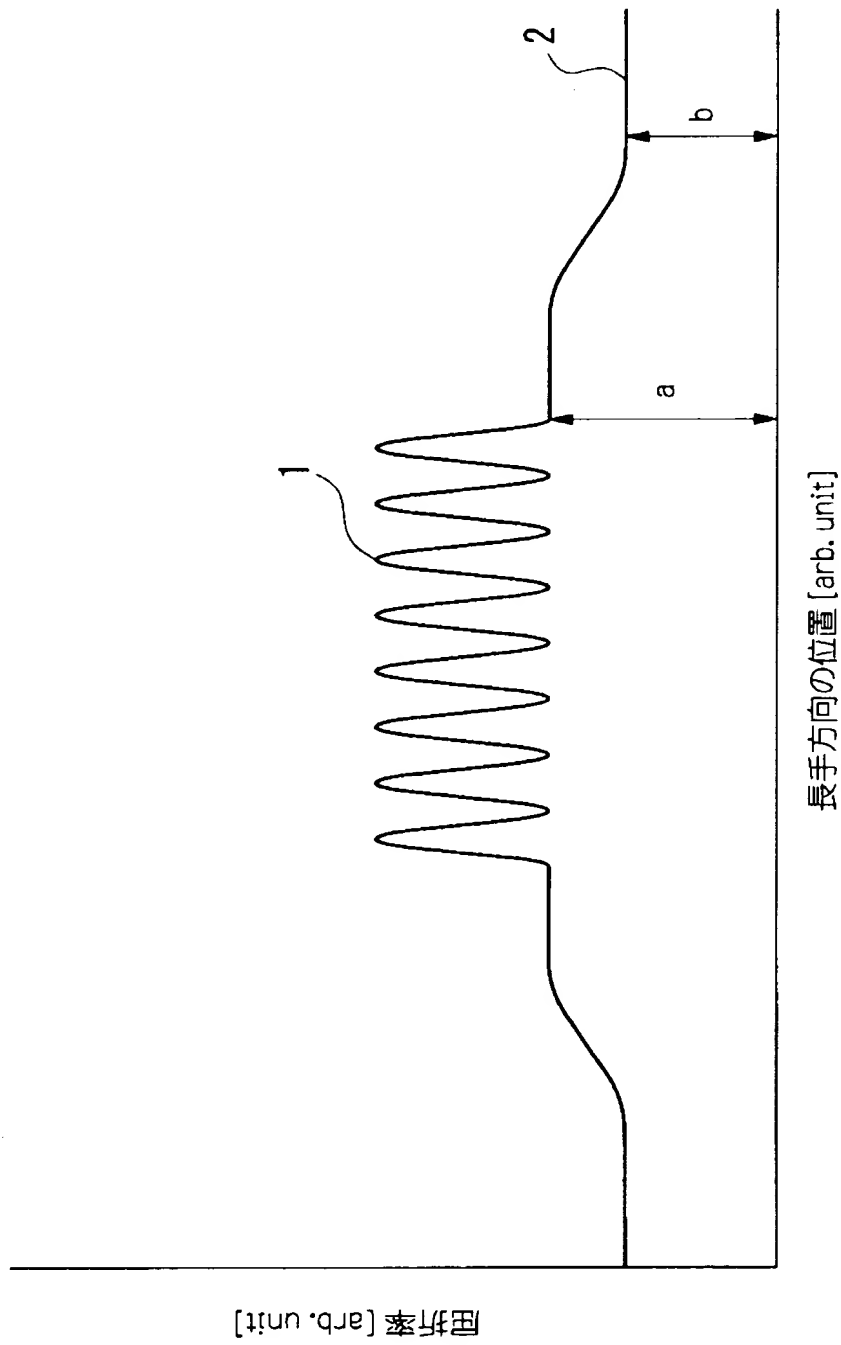
【図 5】



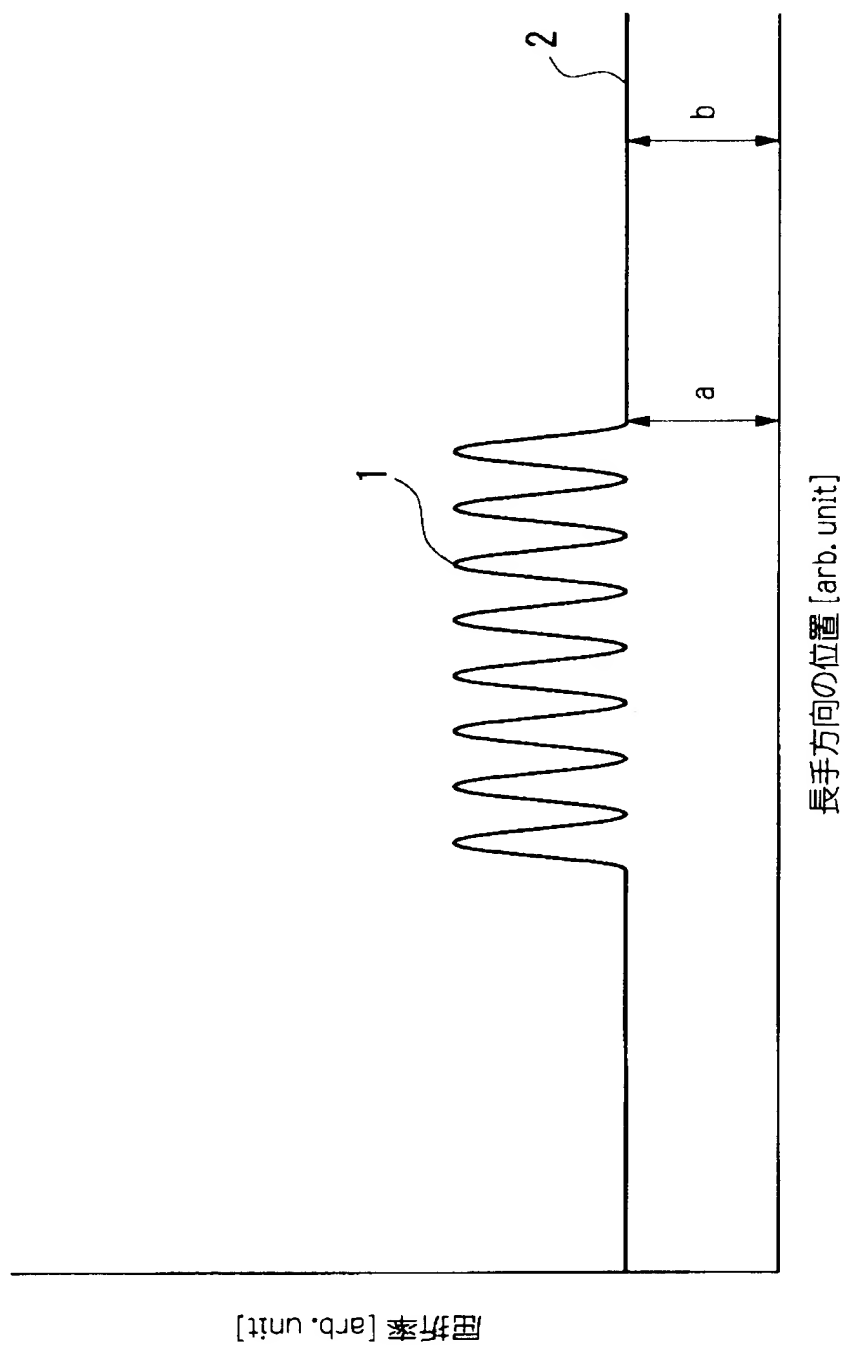
【図 6】



【図 7】



【図 8】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 光ファイバグレーティングの光学特性を精密かつ効率良く向上させる方法および装置を提供する。

【解決手段】 好ましくは水素添加工程、所定の周期で紫外光を照射してグレーティング部を形成するグレーティング形成工程工程および好ましくは脱水素工程後に、グレーティング部全体に対して一様に紫外光を照射する紫外光一様照射処理および加熱トリミング処理とを適宜組み合わせることで光学特性を調整し、最後に加熱エージングを行う。

【選択図】 図 2

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000005186]

1. 変更年月日 1992年10月 2日
[変更理由] 名称変更
住 所 東京都江東区木場1丁目5番1号
氏 名 株式会社フジクラ